

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3233798号  
(P3233798)

(45) 発行日 平成13年11月26日 (2001. 11. 26)

(24) 登録日 平成13年9月21日 (2001. 9. 21)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

F 2 3 R 3/42

F 2 3 R 3/42

A

F 0 2 C 7/24

F 0 2 C 7/24

C

請求項の数 2 (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平6-245114

(22) 出願日 平成6年10月11日 (1994. 10. 11)

(65) 公開番号 特開平7-280270

(43) 公開日 平成7年10月27日 (1995. 10. 27)

審査請求日 平成11年8月10日 (1999. 8. 10)

(31) 優先権主張番号 特願平6-19297

(32) 優先日 平成6年2月16日 (1994. 2. 16)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(73) 特許権者 000006208

三菱重工業株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番1号

(72) 発明者 小野 正樹

兵庫県高砂市荒井町新浜二丁目1番1号

三菱重工業株式会社高砂研究所内

(74) 代理人 100069246

弁理士 石川 新

審査官 田澤 英昭

(56) 参考文献 特開 平7-139738 (J P, A)

特開 昭63-172817 (J P, A)

特表 平7-501137 (J P, A)

特表 平5-500098 (J P, A)

特表 平5-501623 (J P, A)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃焼器の燃焼振動・圧力変動低減装置

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 燃焼器、燃焼器に接続されたダクト部及び車室部の少くともいずれか一つに設けた穴、前記穴を塞ぐように配置された音響インピーダンスが低く流体インピーダンスが高い充填部材、及び前記穴の開口度を制御する弁からなることを特徴とする燃焼器の燃焼振動低減装置。

【請求項2】 はめ合わされた内筒と尾筒を備えたガスタービンの燃焼器の内筒と尾筒のはめあい部に音響インピーダンスが低く流体インピーダンスが高い耐熱部材を介装し、前記はめあい部を流体的にシールしたことを特徴とする燃焼器の圧力変動低減装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、ガスタービン等の燃焼

2

器の燃焼振動・圧力変動を低減する装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 図7は、従来のガスタービンの燃焼器を示す。コンプレッサよりの空気は、車室1に設けられた燃焼器3において燃料を燃焼して高温の燃焼ガスを発生し、その燃焼ガスがタービンへ供給されてこれを駆動する。なお、2は燃焼器3に設けられたバイパス弁である。

【0003】 前記従来の燃焼器では、燃焼振動、圧力変動が生じた時は燃料と空気の配分比率（燃空比）、パイロット比、バイパス弁開度等を変更し、試行錯誤的に燃焼状態を変えることにより、燃焼振動、圧力変動の回遊を図っていた。また、この他に、燃焼振動、圧力変動が生じて各部材が破損しないように強度を確保する等の対策を行っていた。

【0004】具体的には、実機運転中において燃焼振動、圧力変動のレベルを圧力センサで検知してモニタリングを行い、あるレベル以上の燃焼振動、圧力変動が生ずると燃空比、パイロット比等を試行錯誤的に変化させてあるレベル以下となるよう調整している。また、燃焼振動、圧力変動が生じた際の強度確保として、燃焼器やその周辺機器の応力集中部にリブを設けたり、肉厚を増す等により応力緩和を図っている。

【0005】このように、従来燃焼振動と圧力変動の対策は、燃焼系や構造面からの対策が中心であり、音響系からの対策はほとんど見られなかった。

【0006】また、図8及び図9に示すように、車室1に設けられノズル24をもつ内筒21と尾筒22をはめあわせた構造をもつ従来のガスタービンの燃焼器3においては、内筒21と尾筒22のはめあい部には板ばねの一種であるスプリングクリップ25が介装されていて

(図9参照)、燃焼室3には車室1からの流体に対するシールと構造強度からみた構造系減衰の付加のみがなされているに止まり、音響的には剛壁の場合の減衰とほとんど変わるところがなく、音響系への対策と検討はなされていなかった。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】燃焼器内の燃焼振動、圧力変動の発生条件に関するパラメータは非常に複雑であり、ガスタービン等の性能を充たし、 $\text{NO}_x$ 、CO等の排ガス規制を満足し、そのうえ燃焼振動のレベルも小さくなるような運転条件を見出すことは非常に困難であった。また、かりにすべての条件を満足するような運転条件をみいだしても、気温、湿度等の気象条件の変化、燃料成分の変化、コントローラの不調等によって燃焼振動、圧力変動が生じ、燃焼器や翼などの破損が生じることがあった。

【0008】従って、従来は、前記したように、燃料と空気の配分比率、パイロット比、バイパス弁開度等を変更して試行錯誤的に燃焼状態を変えたり、機器の強度を確保する等の対策が行われていた。

【0009】燃焼器における燃焼振動と圧力変動は、その発振周波数および音響モード(圧力モード)と熱源の位置関係がその発振条件の重要パラメータであり、本発明は、従来の燃焼面と構造面からの対策とは別に音響面

\* からの制御を行うことにより燃焼振動、圧力変動の低減を容易に行うことができる装置を提供しようとするものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】(1) 本発明の燃焼器の燃焼振動低減装置は、燃焼器、燃焼器に接続されたダクト部及び車室部の少くともいずれか一つに設けた穴、前記穴を塞ぐように配置された音響インピーダンスが低く流体インピーダンスが高い充填部材、及び前記穴の開

10 口度を制御する弁からなる。

(2) 本発明の燃焼器の圧力変動低減装置は、はめ合わされた内筒と尾筒を備えたガスタービンの燃焼器の内筒と尾筒のはめあい部に音響インピーダンスが低く流体インピーダンスが高い耐熱部材を介装し、前記はめあい部を流体的にシールした。

【0011】

【作用】前記本発明(1)では、燃焼器、これに接続されたダクト部及び車室部の少くともいずれか一つに設けられた穴を塞ぐように配置された充填部材は、音響インピーダンスが低いので音響は通過でき、流体インピーダンスが高いので流体は通過することができない。従って、穴の開口度を制御する弁を開いた時には、充填部材と弁により音響的には開、流体的には閉となり、同弁を閉じた時には充填部材と弁により音響的にも流体的にも閉となる。

【0012】従って、本発明(1)では、穴を設けても、弁の開閉に拘わらず流体は穴を通過して流出入することがなく、空気配分が変わって燃焼器における燃焼状態に変化を生ずることが防止される。

30 【0013】燃焼器とこれに接続されたダクトのような管状のもの又は車室部に穴を設けた時には、その穴の大きさによって音響特性(特に周波数)がかわるため、制御弁を調整して穴の開口度を制御することにより周波数(一般に穴を開けると高くなる)、モード、及びダンピングを変えることができる。

【0014】燃焼器内の燃焼振動、圧力変動の発振条件は圧力変動を $p'$ 、発熱変動 $q'$ で表わすと次の数1で表わされる。

【0015】

\* 40 【数1】

$$\oint p' (x, t) q' (x, t) dt dx > (\text{場の減衰})$$

【0016】前記数1の左辺の大きさは圧力モードと熱源の位置および時間遅れ(音響系の固有振動数と供給系および燃焼系の時間遅れ)に依存する。

【0017】本発明(1)においては、穴の開度を調整することにより圧力モードと音響系の固有振動数を調整することができるため、左辺の値を小さくすることができ、振動の発生を防ぐことができる。また穴をあけるこ

とにより、右辺の場の減衰を増すため、燃焼振動の抑制を図ることができる。

【0018】前記本発明(2)においては、ガスタービンの燃焼器の内筒と尾筒のはめあい部に介装された耐熱部材は音響インピーダンスが低く流体インピーダンスが高いために、同はめあい部のすきまは、音響的には開となり流体的には閉となる。

【0019】従って、本発明(2)では、前記はめあい部のすきまにおいて耐熱部材を通過して流体が流出入することがなく、空気配分が変って燃焼器における燃焼状態が変化することを防ぐことができる。

【0020】ガスタービン燃焼器のように車室のような体積部の中に燃焼器の内筒、尾筒のような管状のものがある場合、管にすきまを設けると音響特性は変わり、その固有振動数は高くなり、音響減衰は増加し、すきま部の音圧モードは車室側等のすきま部の外側の部分のモードに近くなる。

【0021】ガスタービン燃焼器の内筒と尾筒のすきまの車室側のモードは、低次のモード(ヘルムホルツモードと周方向1次軸方向1次モード)を除けばほとんど音圧がたっていない。よって、大部分のモードに対してはすきまをあけることによりすきま部の音圧モードは開に近くなる。

【0022】また、燃焼器内圧力変動の発振条件は、前記の数1で表わされる。数1の左辺の大きさは圧力モードと熱源の位置および時間遅れに依存する。

【0023】本発明(2)においては、音響インピーダンスの低い断熱部材によって内筒と尾筒のはめあい部に音響的にすきまが形成されることとなり、固有振動数が高くなって波長が短くなり、同一の燃焼状態に対し圧力変動の発振が抑制される。またこのすきま部の音圧モードは前記のように開に近くなり、かつ、このすきま部は燃焼域にあるために、数1における $p'$ が小さくなり、圧力変動の発振が抑制される。

【0024】また、燃焼器の内筒と尾筒のはめあい部に音響的なすきまを形成することによって数1の右辺の場の減衰も増すため、より一層圧力変動の低減を図ることができる。

【0025】

【実施例】本発明の第1の実施例を、図1によって説明する。本実施例は、図7に示す従来のガスタービンの燃焼器において、燃焼器3にその直径の2/3～1/3程度の径を円形の穴7を設け、この穴7に円筒状の管8を接続し、同管8の先端に開度を全開から全開にわたって調整できる制御弁5を設け、また管8内に穴7を塞ぐように音響インピーダンスが低く流体インピーダンスが高いポーラス材等の耐熱性の充填部材4を配置した。前記穴7は、燃焼器1における火炎が発生する領域の上流又は下流に設けられ、その数は1個又は複数個のいずれにしてもよい。

【0026】従来は燃焼器の音響特性を調整することができなかったため、図2に示すように、一定の燃焼振動発振域(1)に対してパイロット比等を試行錯誤的に変化し運転条件を(a)から(b)にすることによって燃焼振動を回避していた。しかし、本実施例では、このような燃焼面の調整に加えて音響面の調整を行うことができる。即ち、制御弁5を開とすることにより、音響系の

固有振動数 $f$ を $f'$ に上げ、それにより発振域を(1)から(2)にずらすことにより、運転条件が(a)であっても(b)であっても燃焼振動を回避することが可能となる。また、モードによって穴7の開閉によって圧力モードが大きく変わることが考えられ、穴7が閉の時、熱源(火炎)の位置が圧力の腹より下流であったものが、穴7を開にすることにより熱源の位置を圧力の腹より上流にすることにより発振域を(1)から(3)にずらすことができ、燃焼振動の回避が可能となる。

10 【0027】しかも、充填部材4は音響インピーダンスが低く流体インピーダンスが高いために、前記のように制御弁5の開閉によって音響的特性が変る際にも、空気等が充填部材4を通過することがなく、従って、燃焼器3における空気配分が変って燃焼状態に変化することを防止することができる。

【0028】また、穴7を開にすることにより場の減衰を付加することができるため、図2に示すように、発振域を、(1)から(4)へ縮小することができる。従って、減衰の観点からも燃焼振動の抑制に有効である。

20 【0029】以上のように、本実施例は、音響面からの燃焼振動の制御が可能となり、燃焼状態に変動を生ずることなく広範囲において燃焼振動を防止することができ、信頼性を向上することができる。

【0030】本発明の第2の実施例を、図3によって説明する。本実施例は、図7に示す従来のガスタービンの燃焼器において、燃焼器3からバイパス弁2へ至る管10に穴7を設け、同穴7にダクト6を接続し、ダクト6の先端に開度を全開から全開にすることができる制御弁5を設けた。またダクト6内に穴7を塞ぐように前記第1の実施例と同様な充填部材4を配置した。

30 【0031】本発明の第3の実施例を、図4によって説明する。本実施例は、図7に示す従来のガスタービンの燃焼器において、車室1からタービンケーシング11又はコンプレッサケーシング12に向けて穴7を設け(図3ではタービンケーシング11に向けた穴7が示されている)、同穴7にダクト6を接続し、ダクト6の先端に開度を全開から全開にすることができる制御弁5を設けた。またダクト6内に穴7を塞ぐように前記第1の実施例と同様な充填部材4を配置した。

40 【0032】これらの第2及び第3の実施例においても、前記第1の実施例と同様な作用及び効果を奏することができる。

【0033】なお、前記第1、第2及び第3の実施例では、充填部材4が、燃焼器3の管8、燃焼器3からバイパス弁2へ至る管10に接続されたダクト6、及び車室1からタービンケーシングへ向うダクト6にそれぞれ充填されているが、充填部材3を前記部分の複数のものに同時に充填するようにすることもできる。

50 【0034】本発明の第4の実施例を、図5によって説明する。本実施例は、図8及び図9に示す従来のガスタ

ービンの燃焼器を、次の通りに改良したものである。

【0035】即ち、ガスタービンの燃焼器3の断面が円形の内筒21と断面が円形の尾筒22のはめあい部において、流体の漏れをシールするために内筒21の外周に取りつけられたスプリングクリップ25と尾筒22の間に流体的にインピーダンスが大きい音響的にインピーダンスの小さい（音圧透過量が大きい）焼結金網、焼結金属、多孔質セラミックス等のポーラス材等の環状の厚さcの耐熱部材23をはめあい部を流体的にシールするように介装している。

【0036】前記スプリングクリップ25は従来と同形状でよく、耐熱部材23の内径は尾筒22の内径にあわされており、これによって、耐熱部材23による音響減衰の増加が得られ、音響特性を向上させることができる。

【0037】また、耐熱部材23によって内筒21と尾筒22のはめあい部は流体的にシールされていて空気等が耐熱部材23を通して流出入することがなく、従って、燃焼器3における空気配分が変って燃焼状態に変化を生ずることを防止することができる。

【0038】本実施例の効果を、図6によって説明する。本実施例では、まず、前記の音響的なすきまによる固有振動数の増加によって音響系の固有振動の周期をTからT'に短くすることにより、図6(b)に示すように、熱源の長さに対する波長が短くなり、熱源を分布熱源として圧力変動の発振域を、図6(a)に示すように、AからBに小さくすることができる。さらに、前記のようにこの音響的なすきま部のモードを開に近くでき、かつ、このすきま部は燃焼域にあるため、前記数1の左辺が小さくなり、さらに図6(a)でCに示すように発振域を小さくすることができる。最後に、前記の音響的なすきまにより場の減衰が増すため、さらに図6(a)でDに示すように発振域を小さくすることができる。結局従来の発振域Aに比べ本実施例の発振域はDとなり圧力変動の低減が可能となる。

【0039】以上のように、本実施例によれば、燃焼器の燃焼状態に影響を与えることなく圧力変動を低減することが可能となり、より広範囲なガスタービンの運転条件を得ることができ、信頼性向上につながる効果をもつ。

【0040】

【発明の効果】本発明は、燃焼器、これに接続されたダクト部及び車室部の少くともいづれか一つに設けられた穴を塞ぐように音響インピーダンスが低く流体インピーダンスが高い充填部材を配置し、かつ、前記穴の開口度を制御する弁を設けたことによって、燃焼状態に影響を

与えることなく音響面から燃焼振動の制御を行うことができ、広範囲において燃焼振動の発振を防止して信頼性を向上することができる。

【0041】また、本発明は、ガスタービンの燃焼器の内筒と尾筒のはめあい部に、音響インピーダンスが低く流体インピーダンスが高い断熱部材を介装し、前記はめあい部を流体的にシールしたことによって、燃焼状態に影響を与えることなく音響面から圧力変動を低減することができ、広範囲にガスタービンの運転を行うことができ信頼性を向上することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例の説明図である。

【図2】同第1の実施例の効果を示す燃焼時間の遅れと燃焼ゲイン（負荷）の関係のグラフである。

【図3】本発明の第2の実施例の説明図である。

【図4】本発明の第3の実施例の説明図である。

【図5】本発明の第4の実施例を示し、図5(a)はその縦断正面図、図5(b)は図5(a)のA-A断面図である。

20 【図6】図6(a)は同第4の実施例の効果を示す周期と燃焼ゲイン（負荷）の関係のグラフであり、図6(b)は同第4の実施例の熱源の位置と圧力モードの関係の説明図である。

【図7】従来のガスタービンの燃焼器の説明図である。

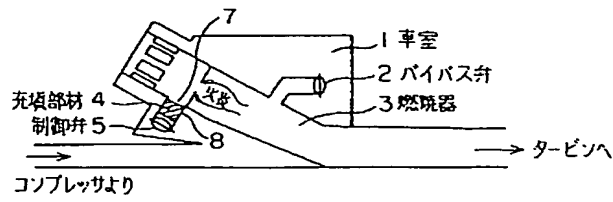
【図8】従来の他のガスタービンの燃焼器の説明図である。

【図9】図9(a)は同従来の他のガスタービンの燃焼器の縦断正面図であり、図9(b)はその側面図である。

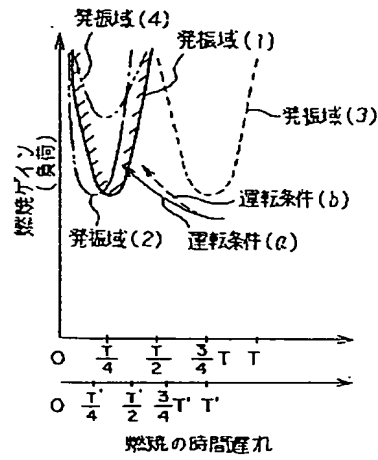
30 【符号の説明】

- |       |             |
|-------|-------------|
| 1     | 車室          |
| 2     | バイパス弁       |
| 3     | 燃焼器         |
| 4     | 充填部材        |
| 5     | 制御弁         |
| 6     | ダクト         |
| 7     | 穴           |
| 8、10  | 管           |
| 11    | タービンケーシング   |
| 40 12 | コンプレッサケーシング |
| 21    | 燃焼器の内筒      |
| 22    | 燃焼器の尾筒      |
| 23    | 耐熱部材        |
| 24    | ノズル         |
| 25    | スプリングクリップ   |

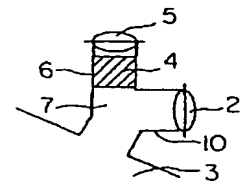
【図 1】



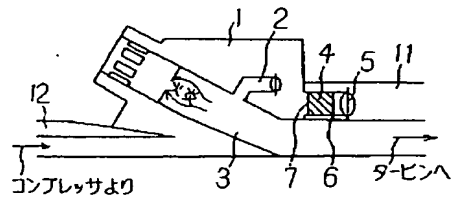
【図 2】



【図 3】

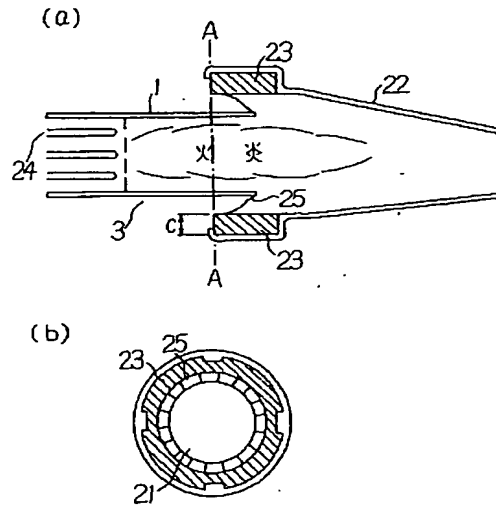


【図 4】

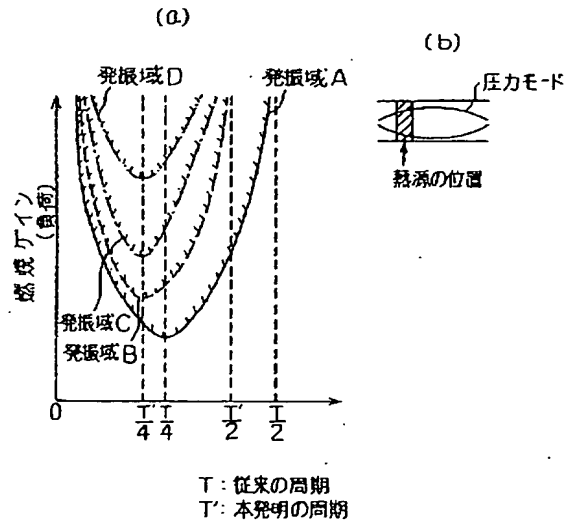


T: 穴の開きの時の周期 =  $\frac{1}{f}$   
 (f: 穴の開きの時の音響系の固有振動数)  
 T': 穴の閉めの時の周期 =  $\frac{1}{f'}$   
 (f': 穴の閉めの時の音響系の固有振動数)

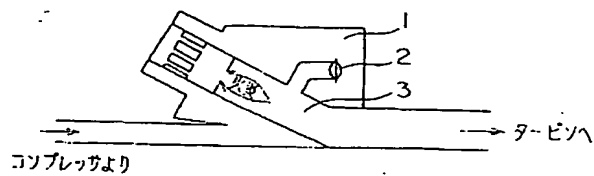
【図 5】



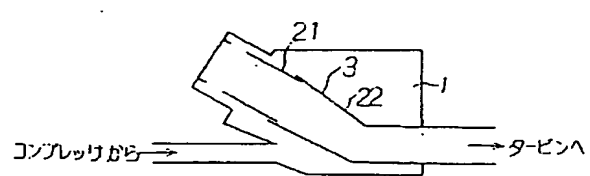
【図 6】



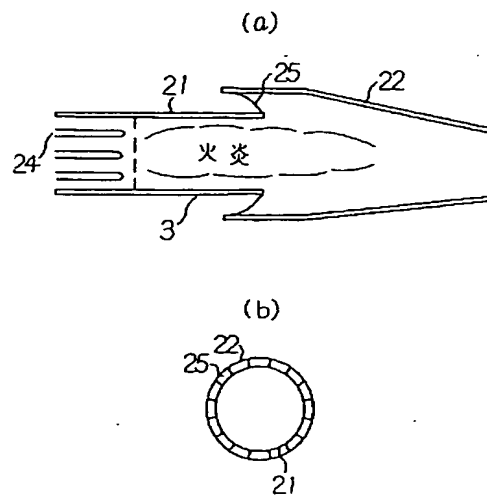
【図 7】



【図 8】



【図9】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, DB名)

F23R 3/42

F02C 7/24